

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pícninářství a trávnickářství



Faktory ovlivňující výnos a kvalitu silážní kukuřice

Bakalářská práce

Autor práce: Karolína Kupcová

Obor studia: Rostlinná produkce

Vedoucí práce: Ing. Pavel Fuksa, Ph. D

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Faktory ovlivňující výnos a kvalitu silážní kukuřice" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19.4. 2018 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Pavlu Fuksovi, Ph.D. za odborné a vstřícné vedení práce, trpělivost, a za přínosné rady a informace. Dále bych ráda poděkovala Ing. Lud'ce Kernerové za čas, pomoc při práci a její cenné názory.

Faktory ovlivňující výnos a kvalitu silážní kukuřice

Souhrn

Cílem teoretické části bakalářské práce je zhodnocení vlivu faktorů na výnos a kvalitu silážní kukuřice. Správné založení porostu kukuřice je jedním ze základních předpokladů dosažení vysoké produkce a kvality silážní hmoty.

Nejdůležitější pěstitelské opatření je výběr vhodného hybridu, což v současné době není snadná záležitost, neboť je na výběr velké množství hybridů. Každý hybrid je jiný a může jinak reagovat na změny počasí a agrotechnické zásahy. Při výběru daného hybridu musíme zohlednit půdní podmínky a intenzitu hnojení.

Další důležité pěstitelské opatření je stanovení výsevku, který se odvíjí od ranosti hybridu zvoleného pro konkrétní lokalitu. Posupné navyšování výsevku vede ke zvyšování výnosu, avšak do určité hranice počtu rostlin na plochu. Neboť pak dochází ke konkurenci o sluneční záření, vodu a živiny, což se projeví v poklesu výnosu hmoty.

V praktické části bakalářské práce jsou prezentovány výsledky z experimentu, který byl založen na pokusném pozemku v Sobotce (okres Jičín), dne 1. 5. 2017. Pokus byl proveden za účelem zhodnocení výnosů silážní kukuřice. Pro pokus byly použity dva hybridy (RGT Volumixx a RGT Direxxion), které byly vysety ve dvou různých hustotách (92 000 a 111 000 rostlin na hektar). Každá ze 4 variant byla založena ve 4 opakováních. Mezi hodnocenými parametry silážní kukuřice byl výnos zelené hmoty, výnos suché hmoty, obsah sušiny, hodnoty LAI, a výška rostlin. Z výsledků vyplývá prokazatelný vliv hybridu na výnos zelené hmoty, kdy hybrid RGT Volumixx je výnosnější než hybrid RGT Direxxion. Samotné výsevky neměly průkazný vliv na výnos silážní kukuřice. Z hodnot LAI byl patrný průkazný rozdíl mezi hybridy. Na obsah sušiny měly vliv rozdílné výsevky, při hustotě 92 000 rostlin/ha byly získány vyšší hodnoty. Na výšku rostlin měl prokazatelný vliv hybrid. Nejvyšší rostliny byly získány u hybridu RGT Direxxion při hustotě 111 000 rostlin/ha.

Klíčová slova: hustota porostu, klimatické faktory, hnojení, zpracování půdy, hybridy, plevele

Factors affecting the yield and quality of silage maize

Summary

The aim of the bachelor thesis theoretical part is assessment of factors affecting yield and quality of silage corn. The correct establishment of corn cover is one of the basic prerequisite for high production and quality of silage material.

The most important cultivation provision is a selection of a suitable hybrid which is not anything easy due to great range of available hybrids. Each hybrid is different one and may respond to weather changes and agro-technological interventions in different way. Choosing such hybrid we have to take into account soil conditions and fertilization intensity.

Other important cultivation provision is a sowing rate determination which is derived from the hybrid earliness chosen for a particular locality. Gradual sowing rate increasing causes a yield increase, nevertheless, only until a certain limit of plant density as it brings about competition for sunshine, water and nutrients that project itself into yield material decrease.

The practical part of the bachelor thesis presents experiment results that have been established at experimental land in Sobotka (district Jičín) on the 1st May, 2017. The experiment has been performed in order to yields of silage corn to be assessed. Two hybrids (RGT Volumixx and RGT Dirrexxion) have been used for the experiment when they had been seeded in two various densities (92,000 and 111,000 plants per hectare). Each of the 4 variants had been in 4 repetitions. The assessed criterions of the silage corn included a green mass yields, dry matter yields, dry weights, LAI values and plant heights. The results demonstrate verifiable influence of the hybrid selection on the green matter yield when the RGT Volumixx hybrid demonstrates higher yields than RGT Direxxion. The LAI values showed demonstrable difference between the hybrids. Dry matters had been affected by different sowing rates as for density 92,000 plants/ha higher values had been achieved. Heights of the plants had been demonstrably affected by hybrids. The highest plants had been achieved for RGT Direxxion hybrid with density 111,000 plants/ha.

Key words: plant density, climatic factors, fertilizing, tillage, hybrids, weeds

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíl práce a hypotéza	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Nároky na půdu.....	10
3.2 Zařazení v osevním postupu	10
3.3 Zpracování půdy	10
3.3.1 Konvenční zpracování půdy	11
3.3.2 Minimalizační zpracování půdy	11
3.3.3 Vliv zpracování půdy na výnos silážní kukuřice	11
3.4 Založení porostu.....	12
3.5 Hustota porostu.....	13
3.5.1 Vliv hustoty porostu na výnos kukuřice.....	14
3.5.2 Vliv hustoty porostu na kvalitu biomasy	14
3.6 Hnojení kukuřice.....	15
3.6.1 Hnojení kukuřice dusíkem.....	15
3.6.2 Hnojení kukuřice fosforem.....	17
3.6.3 Hnojení kukuřice draslíkem.....	17
3.7 Volba hybridu	17
3.8 Klimatické faktory.....	20
3.8.1 Nároky na světlo	20
3.8.1.1 Fotosyntéza.....	21
3.8.2 Nároky na teplo	21
3.8.3 Nároky na vodu.....	21
3.9 Plevel	22
3.9.1 Vliv plevelů na výnos kukuřice.....	23
3.9.2 Regulace plevelů.....	24
3.10 Choroby a škůdci.....	24
4. Kvalita silážní kukuřice	26
4.1 Termín sklizně	26
4.2 Sušina.....	27
4.3 Škrob.....	28
4.4 Vlákna.....	28

4.5 Dusíkaté látky.....	29
4.6 Systémy pro hodnocení silážních hybridů kukuřice	29
5 Materiál a metodika	30
5.1 Charakteristika pokusného stanoviště	30
5.2 Založení pokusu.....	32
5.3 Charakteristika hybridů.....	32
5.4 Agrotechnická opatření.....	33
5.5 Hodnocené parametry	33
5.6 Statistické vyhodnocení dat	33
6 Výsledky	34
6.1 Výška rostlin	34
6.2 LAI.....	36
6.3 Obsah sušiny	36
6.4 Výnos zelené hmoty	36
6.5 Výnos suché hmoty z délky 5 metrů.....	36
6.6 Výnos suché hmoty.....	36
7 Diskuze.....	37
8 Závěr	40
9 Seznam literatury	41

1 Úvod

Správné založení porostu kukuřice je jedním ze základních předpokladů dosažení vysoké produkce a kvality kukuřice bez ohledu na směr využití. Chyby při setí lze jen velmi těžko napravovat následnými opatřeními. Pokud se nepodaří dosáhnout optimálního počtu jedinců na jednotce plochy pro dané stanoviště, hybrid i užitkový směr, je negativně ovlivněna výše i kvalita výnosu.

Výnos silážní kukuřice z jednotky plochy je determinován hmotností jednotlivých rostlin a jejich celkovým sklizeným počtem. Současně však platí, že od mezní hustoty porostu hmotnost jednotlivých rostlin klesá. Pro dosažení maximálního výnosu silážní hmoty je tedy nutné zvolit takový výsevek, který odpovídá podmínkám stanoviště, intenzitě vstupů a respektuje vlastnosti vybraného hybridu vhodného pro konkrétní lokalitu.

Lze konstatovat, že výběr vhodného hybridu není snadná záležitost, neboť v aktuálním vydání Státní odrůdové knihy je zapsáno 415 hybridů kukuřice, což je jednoznačně nejvyšší počet odrůd ve srovnání se všemi ostatními kulturními plodinami.

Každý hybrid je charakterizován číslem FAO - číslem ranosti. FAO je orientační ukazatel, který charakterizuje hybrid a délku jeho vegetace. Pro výběr vhodně raného hybridu na konkrétní lokalitu je nutné zohlednit délku vegetačního období. Pro tyto účely je vhodné využít ukazatel sumy efektivních teplot.

Od silážního hybridu očekáváme co nejvyšší výnos hmoty, která bude mít vysoký obsah škrobu, ale zároveň bude mít vysokou stravitelnost zelené části rostliny. Také dobře zvolený hybrid z hlediska pěstitelských podmínek hraje významnou roli. V neposlední řadě je nezanedbatelný i vliv ročníku.

2 Cíl práce a hypotéza

Hlavním cílem práce bylo vypracovat literární rešerši zaměřenou na faktory ovlivňující výnosové a kvalitativní parametry. V experimentální části byl sledován vliv hustoty a daného hybridu na výnos silážní kukuřice.

Hypotéza:

Různá hustota porostu v interakci s použitými hybridy má vliv na výnos silážní kukuřice.

3 Literární řešerše

3.1 Nároky na půdu

Z hlediska požadavků na půdní podmínky není kukuřice příliš náročná. Nejvhodnější je půda hluboká, dobře zpracovaná, strukturní, s dobrou přirozenou úrodností a neutrální reakcí. Zejména černozemní půda na humózních, vápnem bohatých aluviálních náplavách, nepřilíš těžkých a hnědozemní půdy v chráněných polohách a na jižních svazích.

Nevhodná je půda těžká, studená, zamokřená, půda s nepropustným podorničím, která neumožňuje včasné setí. Nevhodná je rovněž půda značně kamenitá, rašelinná, na erozně ohrožených pozemcích a v mrazových kotlinách (Svoboda, 2004).

3.2 Zařazení v osevním postupu

Nejvhodnějšími předplodinami pro kukuřici jsou plodiny, které zanechávají větší množství posklizňových zbytků. Luxusními předplodinami jsou jeteloviny a luskoviny, které obohacují půdu o dusík a zanechávají v ní velmi kvalitní posklizňové zbytky.

Při současné struktuře plodin však přichází v úvahu zařazování kukuřice po jetelovinách, luskovinách a okopaninách spíše ve výjimečných případech. Proto je kukuřice nejčastěji zařazována mezi dvě obilniny jako zlepšující plodina. Plní tak i funkci přerušovače obilních sledů.

Úspěšně je možné kukuřici pěstovat také několik let po sobě, ale zvyšují se nároky na agrotechniku a hnojení. Kukuřice je plodina snášenlivá také s ostatními plodinami. Ve výnosech nebyl zjištěn podstatný rozdíl mezi širokolistými a stébelnatými předplodinami (Zimolka, 2008).

3.3 Zpracování půdy

Zpracování půdy ovlivňuje fyzikální vlastnosti a tepelnou vodivost v půdní struktuře. Má příznivý vliv na distribuci vody, pórovitost půdy, pohyb vzduchu, kořenovou distribuci a výnos plodin. Minimální zpracování půdy snižuje pórovitost, ale na druhou stranu vede k redukci půdní eroze (Saber et al., 2014).

V současné době je na výběr klasická technologie zpracování půdy, což je orba s předset'ovou přípravou půdy, bezorebná technologie (kypření), pásové zpracování půdy (strip till) nebo přímé setí do nezpracované půdy. Uvedené technologie mají za úkol přípravu set'ového lůžka a vytvoření optimálních podmínek pro klíčení rostlin (Plštník, 2016).

3.3.1 Konvenční zpracování půdy

Základní agrotechnické opatření v pěstování kukuřice je podzimní orba. Především na těžké půdě je nezbytná. Na lehké půdě je doporučeno orat na hloubku 20- 25 cm, na střední až těžké do hloubky 30 - 35 cm. Vytváří se tak optimální vláhové podmínky zachycením a udržením srážkové vody (Svoboda, 2004).

Jarní příprava půdy pro kukuřici musí zabezpečit rychlé prohřátí půdy, zajistit dostatek vzduchu pro klíčení osiva a současně šetřit půdní vodou. Při jarní přípravě je potřeba omezit vstupy na pozemek na minimum a zabránit tak utužení půdy, připravit podmínky pro vzejití první vlny plevelů a jejich následnou likvidaci, podle potřeby zapravit hnojiva do půdy a vytvořit kvalitní set'ové lůžko, které zajistí rychlé a rovnoměrné vzházení kukuřice (Zimolka, 2008).

3.3.2 Minimalizační zpracování půdy

Při používání minimalizačních technologií převládají postupy s mělkým, případně středně hlubokým zpracováním půdy kypřením radličkovým nebo taliřovým náradím na podzim a mělkým kypřením před setím. K setí kukuřice jsou pak používány speciální secí stroje, které umožňují podpovrchovou aplikaci minerálních hnojiv.

Většina autorů uvádí příznivý vliv redukce intenzity zpracování půdy na kvalitu půdního prostředí. Z hlediska ochrany půdního a životního prostředí je používání minimalizačních technologií zpracování půdy ke kukuřici žádoucí. Významné je především omezení eroze půdy a ztrát pohyblivých forem dusíku z půdního prostředí do podzemních vod.

Problémem při používání minimalizačních technologií u kukuřice může být nedostatečné prohřívání půdy v chladnějším jarním období. To může oddálit termín výsevu, zpomalit vzházení a počáteční růst (Zimolka, 2008).

3.3.3 Vliv zpracování půdy na výnos silážní kukuřice

Videnovič et al. (2011) ověřovali během desetiletého pokusu vliv tří systémů zpracování půdy (konvenční způsob, minimalizace a žádné zpracování půdy) na výnos kukuřice. Výsledky ukázaly nejvyšší průměrný výnos zrna u konvenčního zpracování půdy (10, 61 t/ha), zatímco u minimalizace byl průměr (8, 99 t/ha), tak u varianty bez zpracování byl výsledný průměrný výnos (6, 85 t/ha).

V jiném pokusu byly použity čtyři různé typy zpracování půdy (disková orba, disková orba následována diskovými branami, diskové brány a žádné zpracování půdy). Parcely, kde byly

použity diskové brány, produkovaly nejvyšší rostliny, největší obvody stonků, nejvíce listů na rostlině a nejvyšší index listové plochy. Na druhé straně pozemky s žádným zpracováním půdy představovaly nejnižší rostliny, nejmenší obvody stonků, nejméně listů na rostlině a nejnižší index listové plochy. Nejvyšší výnos sušiny byl získán z pozemků obdělávaných diskovými branami. Nejvyšší hmotnost tisíce semen byla získána z parcel, kde proběhla disková orba následována diskovými branami (Aikins et al., 2012).

Zamir et al. (2012) provedli pokus se čtyřmi různými druhy zpracování půdy (konvenční způsob, zpracování branami, hluboké a žádné zpracování) a dva typy mulčování (pšeničná sláma a piliny). Výsledky prokázaly u žádného zpracování+ použití pšeničné slámy nejvyšší hmotnost tisíce semen (341, 67 g) a nejvyšší výnos (6, 33 t/ha). U konvenčního způsobu + piliny byl výnos (4, 92 t/ha). Nejvyšší obsah bílkovin byl dosažen u hlubokého zpracování půdy (10, 26 %). Na základě výsledků byl prokázán vliv zpracování půdy a mulčování na výnos plodin.

3.4 Založení porostu

Správné založení porostu kukuřice je jedním ze základních předpokladů dosažení vysoké produkce a kvality.

Kukuřici je možné vysévat v relativně širokém časovém rozpětí, přitom však termín výsevu musí být zvolen tak, aby se co nejlépe a nejdéle využila vhodná doba vegetačního období (Zimolka, 2008).

Standardní hranice začátku setí je dána teplotou půdy v místě uložení kukuřičného semene. Optimální teplota je 8 - 10 °C. Důsledky brzkého setí za chladného počasí je zpomalené klíčení, pomalé vzcházení, snížená schopnost přijímat živiny. Na druhé straně pozdní setí přináší zpravidla snížení výnosů minimálně o 15 % (Plštinyk, 2015).

K výsevu se dnes již téměř výhradně využívají přesné secí stroje, většinou pneumatické, které zajistí rovnoměrnou hloubku setí, požadovaný počet vysévaných semen na ploše. Nerovnoměrnost hloubky setí je příčinou nevyrovnaného vzcházení, snižuje výnos i kvalitu produkce (Zimolka, 2008).

3.5 Hustota porostu

Výsevek kukuřice se odvíjí v první řadě od ranosti hybridu zvoleného pro konkrétní lokalitu. Dále je nutné zohlednit půdní podmínky a intenzitu hnojení. Zda byl výsevek zvolen v optimální výši, bude dále záviset na průběhu ročníku, především pak na dostupnosti vody a na průběhu teplot.

V podmínkách bez významnějšího omezení zásobením vodou a živinami je výnos kukuřice závislý především na velikosti listové plochy tj. hodnotě LAI. Optimální hodnoty LAI pro dosažení nejvyšších výnosů se pohybují v rozmezí 3 - 4. Hustota porostu by proto měla být taková, aby bylo dosaženo uvedené rozpětí velikosti listové plochy (Fuksa et al., 2017).

Obecně lze říci, že se volí nižší počet rostlin pro daný hybrid oproti doporučenému počtu na půdách méně úrodných, případně kde hrozí přísušky nebo jinak nevhodné podmínky. Vyšší počet rostlin se volí při nevhodných podmínkách pro vzcházení, také u vyššího výskytu posklizňových zbytků na pozemku (Plišťenek, 2016).

Svoboda uvádí (2004), že čím horší stanoviště i podmínky pro pěstování, tím by měla být hustota menší. Po stanovení skutečného výsevku zvyšujeme doporučený počet rostlin o 10 – 15 % na hektar. Eliminujeme tím vliv pozdní vzcházejivosti na hustotu porostu a ztráty způsobené ošetřováním v průběhu vegetace.

Fuksa et al. (2016) uvádějí, že postupné navyšování výsevku vede ke zvyšování výnosu, avšak od určité hranice počtu rostlin na plochu dochází vlivem konkurence o sluneční záření, vodu a živiny ke snižování jejich hmotnosti, což se projeví nejprve ve stagnaci a následně i v poklesu výnosu hmoty.

V pozdějších fázích růstu nejsou u nadměrně hustých porostů redukovány pouze podmínky pro fotosyntézu a z tohoto procesu vyplývající tvorbu sušiny, ale dochází i k poklesu podílu palic na rostlině zejména vlivem zpoždění v objevování blizen. To nastává v důsledku jednak vyššího zastínění porostu a také nedostatkem vody (Fuksa et al., 2017).

Také Svoboda (2004) uvádí, že přehušťování porostů kukuřice vede ke snižování podílu palic, pevnosti stébel, zpomaluje se proces dozrávání a tím i výše a kvalita výnosu. Výrazným přehušťováním (nad 140 000 rostlin/ha) se snižuje i ozrnění palic.

Doporučená hustota porostu zpravidla klesá s délkou vegetační doby hybridu. U nás se doporučená hustota pohybuje kolem 7 – 11 rostlin na m² (Plišťenek, 2015). Meziřádková

vzdálenost je 70 až 75 cm. Zajišťuje dostatek světla pro fotosyntézu a prohřívání půdy. Vzdálenost rostlin v řádku se pohybuje od 12 (-15) do 30 cm (Zimolka et al., 2008).

3.5.1 Vliv hustoty porostu na výnos kukuřice

Jak uvádí Dahmardeh (2011) vyšší hustota rostlin přispívá k vyššímu výnosu zrna na základě vzrůstajícího fotosynteticky aktivního záření. Na druhé straně podle Kulované (2001) u hustých porostů se při nedostatku vody zvyšuje nárok na živiny a vodu, kukuřice má snížený růst do výšky, nižší výnos palic a předčasně dozrává.

Z výsledků, které publikovali Abuzar et al. (2011) je patrné, že při hustotě porostu 40000 rostlin na hektar bylo vyprodukováno nejvíce zrn v jedné řadě palice (32, 33) a zrn na palici (447, 3). Nicméně 60000 rostlin na hektar produkovalo nejvyšší množství palic na rostlinu (1, 33), počet řádků zrn na palici (15, 44), výnos biomasy (16, 89 t/ha) a výnos zrna (2, 6 t/ha). Pro získání vyššího výnosu kukuřice autoři doporučují vyšší výsevek 60000 rostlin/ ha.

Smutný et Šedek (2017) ve svém pokusu prokázali nárůst výnosů při použití technologie klasických řádků a dvouřádků s vyššími výsevky 97 000 jedinců/ ha o 5 – 13 % ha a 109 000 jedinců/ ha o 9 – 17 %. Technologie úzkořádkového založení porostu vykazovala naopak nižší výnosy při zvyšování výsevu.

3.5.2 Vliv hustoty porostu na kvalitu biomasy

Na koncentraci energie kukuřičných siláží se podílí hlavně škrob (40 – 50 %) a NDF (25 %), zbývajících 25 – 30 % tvoří cukry, pektiny, organické kyseliny, hrubý protein a tuk. Překročení optimálního obsahu sušiny je nežádoucí. Kukuřice s vyšším obsahem sušiny má tendence zvýšené hodnoty pH a sníženého obsahu kvasných kyselin a obsahu vlákniny, podléhá i více aerobním změnám (Venclová, 2016).

Çaprici et al. (2010) prokázali, že se zvyšující se hustotou porostu se zvyšuje výnos sušiny, koncentrace acidodetergentní vlákniny (ADF) a podíl stonku. Naopak podíl palic a počet listů se snížil s nejvyššími výnosy sušiny u hustoty 180 000 rostlin/ ha a 220 000 rostlin/ ha.

Jak uvádí Fuksa et al. (2017) pokles hmotnostního podílu palic vůči zbytku rostliny, příp. i listů vůči stéblům, vede ke snížení kvality silážní hmoty a současně se zvyšuje obsah NDF a ADF. Současně však platí, že pokles kvalitativních charakteristik v důsledku zvýšení výsevků bývá v absolutních hodnotách nízký.

Fuksa et al. (2016) zjistili, že vzdálenost řádků nemá žádný vliv na obsah NDF a škrobu.

V pozdějších fázích růstu nejsou u nadměrně hustých porostů redukovány pouze podmínky pro fotosyntézu a z tohoto procesu vyplývající tvorbu sušiny, ale dochází i k poklesu podílu palic. Díky poklesu podílu palic dochází k poklesu obsahu bílkovin a stravitelnosti hmoty a současně se zvyšuje obsah NDF a ADF (Fuksa et al., 2017).

3.6 Hnojení kukuřice

Podle Černého et al. (2007) je správné a efektivní používání hnojiv jedním z rozhodujících prvků zvyšování půdní úrodnosti, a tím i následného působení celé řady faktorů ovlivňující stabilitu daného ekosystému.

Pro kukuřici je charakteristický pomalý počáteční růst a malý příjem živin. Při výšce porostu 40 – 50 cm lze počítat s odběrem cca 35 kg N, 4 kg P, 40 kg K a 3 kg Mg na hektar. Potom však následuje období velmi intenzivního růstu a příjmu živin. Za 35 – 45 dní přijme kukuřice 70 – 75 % všech živin (Balík et al., 2001).

Ke hnojení kukuřice se běžně používají organická hnojiva, zvláště na půdách s nižší úrodností. Běžné dávky chlévského hnoje na ha jsou do 40 t. Vhodné je také použití močůvky a dávky činí podle obsahu dusíku 40 - 70 t na ha. Kukuřice je jednou z nejvhodnějších plodin pro využití kejdy. Lze použít dávky kejdy skotu až 60 – 80 t na ha (Balík et al., 2001).

Pro dosažení požadovaného výnosu kukuřice a kvality její produkce je nezbytný odpovídající výživný stav makrobiogenními (N, P, K, Ca, Mg, S) i mikrobiogenními (Zn, B, Mn, Cu, Fe, Mo) prvky v rostlině. V případě dávek fosforu a draslíku u minerálních hnojiv je nutné vycházet z odběrového normativu a úrovně výnosu s korelací na výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP), včetně poměru K: Mg i organického hnojení a zajistit hladiny těchto živin na dobré úrovni (Lošák, 2006).

Z hlediska agrotechniky vykazuje kukuřice všechny vlastnosti okopaniny, a proto se k ní doporučuje pravidelně hnojit statkovými hnojivy. Pravidelné doplňování organických látek do půdy je základem dobrého hospodaření. Statkovými hnojivy se do půdy dostává snadno rozložitelná organická hmota, biogenní prvky v přijatelných formách, mikroorganismy, které zvyšují biologickou činnost půdy (Zimolka, 2008).

3.6.1 Hnojení kukuřice dusíkem

Pro tvorbu výnosu má nezastupitelné místo hnojení dusíkem. V porovnání s ostatními živinami zpravidla nejvíce rozhoduje o výši výnosu i kvalitě produkce. Jak uvádí Dahmardeh

(2011) aplikace dusíkatého hnojiva zvyšuje výnos zrna a absorpci záření u kukuřice. Pokud je však nesprávně aplikován (v nevhodném termínu, formě nebo dávce) dochází v přirozeném koloběhu k jeho zbytečným ztrátám (Křepelka, 2011).

Rihab et al. (2015) uvádí, že aplikace dusíku zvyšuje hmotnost rostlin. Díky aplikaci dusíku se zvyšuje výnos sušiny i čerstvé hmoty, také Crista et al. (2014) zjistili, že s výslednými nízkými výnosy souvisely malé dávky dusíku. Na druhou stranu vysoké dávky byly neefektivní. Proto podle Lošáka (2006) je vhodné vypočtený základní normativ pro dávku dusíku v minerálních hnojivech (výnos x odběr N v kg 1 t výnosu) korigovat (zvýšit či snížit) na základě aktuálního obsahu dusíku minerálního v půdě (N_{min}) a organického hnojení (hnůj,kejda).

Kulovaná (2001) zjistila, že z celkové vysoké potřeby dusíku kukuřicí je zřejmé, že dávky dusíku v průmyslových hnojivech by se měly podle výnosu a organického hnojení pohybovat mezi 80 – 200 kg N/ha. Efektivnost přihnojení je dána stanovištními podmínkami. Aplikovaná dávka by se měla pohybovat mezi 20 – 40 kg/ha. Zimolka (2008) uvádí, při nedostatku dusíku v půdním prostředí se rostliny slabě vyvíjí. Dochází ke zkrácení délky palici a snížení počtu zrn v palici. Při přehnojení nastupují rostliny do generativní fáze později.

Dusíkem v průmyslových hnojivech se hnojí buď jednorázově před setím (močovina, síran amonný, DAM 390), nebo se celková dávka může dělit (zvláště, pokud by překročila jednorázově aplikovaná dávka 100kg N/ ha). Efektivita přihnojení dusíkem je dána stanovištními a povětrnostními podmínkami. Přihnojení se provádí při výšce porostu 30- 40 cm. Z hnojiv lze doporučit LA, LAV, LAD či DAM 390 pod listy (Lošák, 2006).

Eltelib et al. (2006) zjistili, že příliš velké dávky množství dusíku můžou způsobit nadměrný růst listů, a zvýšit tak poměr listů a stonku k zrn. Ve výsledku může dojít ke snížení obsahu škrobu v kukuřičné siláži a ke snížení výnosů.

Zhang et al. (2010) prokázali, že počet zrn, výnos zrna a hmotnost tisíce zrn se zvyšuje s dávkami dusíku. U rostlin, které byly sklizeny ve správném termínu sklizně, bylo zjištěno, že se zvyšujícími dávkami dusíku roste obsah bílkovin a lysinu. Kdežto u rostlin, kde byla sklizeň provedena o šest dní později, došlo k poklesu obsahu bílkovin.

Další studie prokázala, že různé dávky dusíku měly vliv na růst a na výnosové prvky. Nejvyšší rostliny pocházely z aplikace 92 kg N/ha a nejnižší, kde nebyl dodán žádný dusík.

Nejméně zrn v palici bylo získáno z parcel, kde nebyl aplikován žádný dusík, kdežto nejvíce zrn a nejdelší palice pocházely z aplikace 92 kg N/ha. Maximální dávky dusíku (92 kg/ha) měly pozitivní vliv na výšku a výnos (Woldesenbet et Haileyesus, 2016).

3.6.2 Hnojení kukuřice fosforem

Kukuřice má vysoké nároky také na fosfor. Kritické období pro jeho příjem je v počátečních fázích růstu kukuřice. Proto je důležitý dostatečný obsah přijatelného fosforu v okolí osiva již počátkem vegetace. Z tohoto hlediska je žádoucí především na půdách s nižším obsahem fosforu aspoň část potřebné dávky aplikovat před setím, nebo uplatnit specifické hnojení tzv. aplikaci pod patu. Jedná se zapravení fosforečného hnojiva současně se setím, kdy je hnojivo aplikováno asi 4 - 5 cm pod úroveň osiva a asi 4 - 5 cm do strany.

Tento systém hnojení je v SRN považován za stabilizující faktor výnosu a v chladnějších oblastech zvýšení výnosu o 0,3 – 0,5 t zrna z hektaru (Balík et al., 2009).

Jak uvádí Zimolka (2008) z vícesložkových hnojiv tuhých je nejčastěji používán Amofos.

3.6.3 Hnojení kukuřice draslíkem

Také hnojení draslíkem je nutno věnovat náležitou pozornost. Vhodnými hnojivy jsou draselné soli. Při hnojení vyššími dávkami je vhodnější podzimní aplikace (Balík et al., 2009).

3.7 Volba hybridu

Správná volba hybridu, který může ovlivnit výnos až ze 30 %, patří mezi nejdůležitější pěstitelská opatření (Svoboda, 2004).

Při výběru vhodného hybridu je nutné zvážit všechny hospodářské vlastnosti s důrazem na výnos silážní hmoty a délku vegetační doby, která podmiňuje jeho jistotu. Ranější hybridy jsou obvykle méně výnosné než pozdnější. Obecně to platí zvláště v kukuřičné výrobní oblasti, kde jistota a úroveň výnosů bývá vyšší u hybridů pozdnějších.

Pozdnější hybridy mají ve srovnání s ranějšími lepší výchozí potenciál k dosažení větších výnosů z důvodu vyšších a těžších rostlin, což je dáno obvykle větším počtem internodií, listů a větší palicí (Fuksa et al., 2017).

Vhodné hybridy můžeme volit i mezi typy stay green. Jde o genotypy, u nichž zrno dozrává na zelené, ještě vegetující rostlině. Jsou vhodné do kukuřičné a řepařské výrobní oblasti, kde uplatní svou nejvýznamnější přednost – prodloužení asimilace. Vykazují i vyšší obsah a kvalitu škrobu.

Důležitý je i typ hybridu. Šlechtitelská práce je zaměřena na získávání dvouliniových hybridů, tříliniových a čtyřliniových hybridů. Nejvyššího heterozního efektu je dosahováno u dvouliniových hybridů, ale jsou náročnější na podmínky prostředí. Tří a čtyřliniové hybridy bývají obvykle plastičtější, lépe se přizpůsobují agroekologickým podmínkám.

Kukuřice se dělí na dva hlavní typy podle typu zrna, který je dán rozdílným poměrem tvrdého (sklovitého) a měkkého (moučnatého) endospermu – flint a dent. Zubové hybridy mají zpravidla vyšší číslo FAO, větší výnosový potenciál, avšak zpravidla také horší chladuvzdornost. Pro chladné oblasti jsou výhodnější hybridy se zrnem typu flint (Trináctý et al., 2012).

Z hlediska fyziologických vlastností rozlišujeme u kukuřice následující typy hybridů: rychle dozrávající hybridy, které se vyznačují rychlým nárůstem sušiny. Obsah škrobu v zrnu se zpočátku navyšuje velmi rychle, později dochází ke zpomalení nárůstu. Rovnoměrně dozrávající hybridy jsou hybridy s postupným dozráváním. Stay green hybridy se vyznačují kontinuální tvorbou škrobu, vyšším výnosem zrna (Fuksa et Kalista, 2006).

Podle anatomické stavby palice: hybridy s fixním počtem zrn v palici, u nichž je celkový počet zrn dán geneticky a vnějšími zásahy se nemění. Výnos zrna je dán počtem palic, resp. rostlin na jednotce plochy. Hybridy s flexibilním počtem zrn v palici: počet zrn závisí na podmínkách prostředí. Výnos závisí především na intenzitě pěstování (Fuksa et Kalista, 2006).

Jak uvádí Ježková (2012) ranost jednotlivých hybridů je charakterizována číslem FAO. Hodnota vychází z předpokladu, že jedním z rozhodujících faktorů prostředí pro kukuřici je teplota, jejíž optimální hodnota pro růst a vývoj generativních orgánů je 20 - 24 °C. U nás pěstované hybridy mají číslo FAO v rozmezí 190 - 400, čím je toto číslo nižší, tím je odrůda ranější. FAO je orientační ukazatel, který charakterizuje hybrid a délku jeho vegetace s tím, že 10 čísel FAO činí rozdíl v délce vegetační doby 1 - 2 dny, nebo 1 - 1,5 % obsahu sušiny zrna (Šantrůček et al., 2008).

Nejranější hybridy jsou charakterizovány číslem FAO 160 - 250, které jsou doporučovány pro bramborářskou oblast, pro řepářskou oblast jsou hybridy skupiny FAO 250 - 300. V kukuřičné oblasti lze pěstovat hybridy skupiny FAO 300 - 400.

Pro výběr vhodného hybridu na konkrétní lokalitu a určení správného termínu sklizně je nutné zohlednit délku vegetačního období, které je charakterizováno teplotou. Pro tyto účely se využívá ukazatel sumy denních efektivních teplot (SET), což je vyjádření celkové sumy teplot využitelné pro vývoj rostliny. Každý hybrid ode dne výsevu ke dni zralosti určitou hodnotu SET (Ježková, 2012).

Silážní hybridy mají požadavky na SET v rozmezí 1350 °C (nejranější) až 1650 °C (Ježková, 2012).

S délkou vegetační doby hybridů je v pozitivní korelaci počet listů na rostlině. Z toho vyplývá, že pozdnější hybridy mají větší listovou plochu. Pozdní hybridy mají k dispozici delší období pro tvorbu biomasy a mají tedy vyšší výnosový potenciál.

Menší listová plocha raných hybridů se kompenzuje vyšším počtem rostlin na jednotku plochy, čímž se hodnota LAI jednotlivých hybridů vyrovnává. Ranější hybridy se také vyznačují rychlejším nárůstem LAI ve vegetativním období (Fuksa et al., 2017).

Další používaný systém pro rozlišení ranosti hybridů z hlediska zralosti zrna je relative maturity (RM). Systém od sebe odlišuje hybridy kukuřice s různou vegetační dobou na základě celkové potřeby tepla nutného pro dosažení jejich jednotlivých fází růstu (Ježková, 2012).

Pro silážní účely volíme hybridy s vysokým výnosem silážní hmoty, vysokým podílem palic na celkové hmotnosti rostliny, maximálním výnosem energie z jednotky plochy a maximální koncentrací energie v 1 kg sušiny a vysokou stravitelností zbytku rostliny (Fuksa et Kalista, 2006).

Hybridy, které zajistí dostatek siláže i v náročném roce, musejí být ideálně vzrůstnější s pevným stéblem, hustěji olistěné a s velkou palicí tvořící podíl z celkové hmoty alespoň 45 -50 %. Důležitým energetickým zdrojem je škrob, který je klíčový pro produkci mléka (Vaňatová, 2015).

Při volbě hybridů na silážní účely jsou důležitá tato kritéria: vysoký výnos silážní hmoty, vysoký podíl palice z celkové hmoty kukuřice (min. 50 % palice), stravitelnost organické hmoty, vhodná délka vegetační doby a zdravotní stav hybridů (Šantrůček et al., 2008).

Hybrid AS54 poskytl v hustotě (25 cm) nejvyšší hmotnost kukuřičného klasu. Hybrid AS31 s hustotou (25 cm) vytvořil nejdelší klasy, také hybrid BIARIS v té samé hustotě poskytl nejvyšší výnos biomasy (Farnia et Mansouri, 2014).

Předmětem studie bylo zjistit potenciál hybridů kukuřice pro produkci siláže. Hybridy 1671B, 2B433, 20A78, SHS4070, BX1280 a DKB390. Výnos byl vyhodnocován (průměrná výška rostlin, výška vložení palice, počet zlomených rostlin na hektar, list: stéblo). Nebyly zde zjištěny žádné rozdíly mezi danými hybridy kromě výšky vložení palice (Araújo et al., 2012).

Výsledky ukázaly, že nejvyšší výnos zrna, hmotnost tisíce zrn bylo získáno z hybridu pozdní zralosti (FAO 704). Nejvyšších hodnot sklizňového indexu bylo dosaženo u hybridů u střední zralosti (FAO 647) a u raných (FAO 370) (Nik et al., 2011).

3.8 Klimatické faktory

Pro úspěšný vývoj a růst potřebuje harmonické působení jednotlivých vegetačních faktorů – světla, tepla a vody (Šantrůček et al., 2008).

3.8.1 Nároky na světlo

Svou fotoperiodickou reakcí patří kukuřice mezi krátkodenní rostliny, z čehož vyplývá, že na prodlužující délku dne reaguje urychlením vývoje a intenzitou růstu, a to podle genotypu. Limitní teplota pro růst kukuřice je mezi 5 – 6 °C (Zimolka, 2008).

V podmínkách bez významnějšího omezení zásobením vodou a živinami je výnos kukuřice závislý především na velikosti listové plochy, tj. hodnotě LAI (leaf area index), který vyjadřuje velikost listové plochy na jednotku plochy (m^2/m^2) (Fuksa et al., 2017).

Světlo je kukuřice schopna využívat velmi dobře. Na 1 ha půdy vytváří 20 000 – 60 000 m^2 asimilační plochy (LAI 2 - 6) (Šantrůček et al., 2008).

3.8.1.1 Fotosyntéza

Kukuřice se podle způsobu fixace CO₂ (při fotosyntéze) řadí k rostlinám typu C₄, tzn., že v Hatch - Slackově cyklu tvoří primárně čtyřuhlíkatou sloučeninu- molekulu oxalacetátu. Pro tento typ je typická vyšší rychlost fotosyntézy (okolo 60 mg CO₂ na 0, 01 m² asimilačního povrchu za jednu hodinu) a rovněž vysoká účinnost fotosyntézy. Díky specifické stavbě listů dosahuje efektivnějšího využívání vody a živin při tvorbě sušiny.

Tato metabolická odlišnost řadí kukuřici mezi rostliny s vyššími nároky na intenzitu slunečního záření a vyšší teplotu vzduchu, ale i půdy. Současně tyto vlastnosti s dobrými půdními podmínkami vytváří předpoklad pro efektivnější využití přijatých živin a tvorbu výnosu (Zimolka, 2008).

3.8.2 Nároky na teplo

Kukuřice vykazuje v porovnání s jinými zemědělskými plodinami vysoké nároky na teplo a dále se vyznačuje dobrým využitím sluneční energie. S tím je spojena i odlišná cesta asimilace oxidu uhličitého a efektivnější využití přijatých živin na tvorbu výnosu (Zimolka 2008).

Průměrná teplota by měla být 13 °C. Suma teplot v průběhu celého životního cyklu by měla být od 1. 700 °C do 3. 210 °C. Kukuřice je velmi citlivá na kolísání teplot.

Jak uvádí Šantrůček et al. (2008) pro dosažení vysokého výnosu mají největší význam teploty v červnu, červenci a začátkem srpna.

3.8.3 Nároky na vodu

Pro dosažení vysokého výnosu zrna i celkové fytomasy (siláž, zelená hmota) vyžaduje kukuřice dostatek přístupné vody, jejíž množství se mění v závislosti na růstové fázi (Zimolka, 2008).

Největší nároky na vodu má silážní kukuřice ve fázi konce sloupkování a v době metání. Transpirační koeficient je u kukuřice nízký: 240 - 370 (Šantrůček et al., 2008), Zimolka (2008) uvádí spotřebu vody na produkci 1000 g sušiny 349 l H₂O.

Lutt et al. (2017) uvádějí, že nadprůměrné noční teploty během reprodukčního růstu kukuřice snižují výnos skrze snižující počet zrn a jejich hmotnost. Vyšší noční teploty zvyšují

frekvenci dýchání a tím rostliny spotřebují cukr, který je potřebný pro uložení ve formě škrobu v znu. Vyšší noční teploty urychlí fenologický vývoj, což způsobí brzké uzrání.

Gaile et Arhipova (2015) zjistili během patnáctiletých pokusů, že výnos čerstvé hmoty a sušiny je významně ovlivněn hybridy a ročníkem. Obsah sušiny v čerstvé hmotě souvisí s teplotou. V některých letech byl nedostatek srážek limitujícím faktorem pro výnos.

Výsledky prokázaly, že průměrný výnos kukuřice je negativně spojený se srážkami a teplotou. Se zvyšujícími se srážkami a teplotou dochází ke snižování výnosu kukuřice (Acquah et Kyei, 2012).

Cílem pokusu, který publikovali Lin et al. (2017), bylo zjistit kukuřičné výnosy vlivem měnícího se klimatu v budoucích letech. Výsledky naznačují, že výnosy kukuřice budou klesat. Proto vědci doporučují změnit datum setí, přejít na pozdnější odrůdy a šlechtění nových odrůd s požadavky na vyšší teplotu. Tímto bychom měli předejít negativnímu dopadu měnícího se klimatu na kukuřičné výnosy.

3.9 Plevel

Kukuřice má v počátečních obdobích růstu velmi slabou konkurenční schopnost proti plevelům. Vzhledem k tomu, že je pěstována v širokých řádcích, trvá poměrně dlouho, než dojde k zapojení porostu. Teprve od té doby mohou kukuřice účinně konkurovat vzcházejícím plevelům (Zimolka, 2008).

Vývoj kukuřice a její konečný výnos je silně redukován případným výskytem plevelů. Kukuřice trpí silnou konkurencí rychleji se vyvíjejících plevelů zejména v počátečním období růstu. Plevel v této době omezují kukuřici v jejím růstu odčerpáváním živin a vláhy. Kromě toho jsou konkurentem o světlo, teplo, prostor, jsou producenti alelopatických látek a hostiteli chorob a škůdců (Fuksa et al., 2002).

Jak zmiňuje Smutný (2012), druhové spektrum plevelů je závislé na zásobě semen plevelů na daném pozemku. Důležitou roli hrají i okolní stanoviště, která mohou být zdrojem šíření plevelů. O tom, jaké plevele v daném roce skutečně vyklíčí, rozhoduje řada faktorů (životnost a dormance semen, působení povětrnostních podmínek - teplota, vlhkost půdy apod.).

Mezi dominantní plevele patří především pozdně jarní a vytrvalé druhy. Zastoupení jednotlivých plevelů v podmínkách řepařské výrobní oblasti jsou shrnuty v grafu 1.



Graf 1: Frekvence výskytu jednotlivých druhů plevelů v kukuřici

<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/moznosti-regulace-plevele-v-kukurici-v-sussich-podminkach>

3.9.1 Vliv plevelů na výnos kukuřice

Fuksa et al. (2002) zjistili, že snížení výnosů může dosáhnout při středním a silném zaplevelení více než 30 %. Při totálním zaplevelení mohou ztráty přesahovat 90%. Zaplevelené porosty nejenže snižují ukazatele celkového výnosu, ale značně oddalují jednotlivé vývojové fáze. Negativní vliv se projevuje také snížení hmotnosti jednotlivých rostlin kukuřice, hmotnosti palic a na průměrné výšce rostlin kukuřice.

Jak prokazují výsledky, nejvyšší pokles výnosu byl na variantě bez regulace plevelů, a to téměř o 80 %. Na variantě, kde byly regulovány dvouděložné plevele, výrazně dominovaly ježatka kuří noha spolu s bér sivým. Tyto druhy způsobily snížení výnosu o více než 60 %

Na variantě s regulací jednoděložných se vyskytovaly především merlík bílý, mák vlčí, truskavec ptačí a heřmánkovec nevonný. Tyto druhy způsobily pokles o téměř 20 % ve srovnání s variantou bez plevelů (Bouma, 2017).

Podle Fuksy et al. (2002) v důsledku zaplevelení došlo u neošetřované varianty ke snížení celkového výnosu suché hmoty o 18,8 % ve srovnání s chemicky ošetřenou variantou a o 30,6 % v porovnání s mechanicky ošetřovanou variantou.

3.9.2 Regulace plevelů

V současné době neposkytuje zpracování půdy ke kukuřici velké možnosti k regulaci plevelů. Většinou není realizovaná opakovaná předset'ová příprava, která by likvidovala postupně vzcházející plevele. Převážná část regulace plevelů se tak přenáší do vegetační doby kukuřice, kdy jsou používány herbicidy. V naprosté většině případů se aplikují celoplošně a meziřádkové kultivační zásahy se nedělají. Lze také použít pásový postřik herbicidy, kterým se ošetřují pásy s vysetým osivem, a zbývající plochy se plečkují (Zimolka, 2008).

3.10 Choroby a škůdci

Z rostlinolékařského hlediska se jedná o plodinu poškozovanou jedním až třemi škůdci. Naopak patogenů způsobující choroby kukuřice je v současné době v České republice zjištěno asi 47 (zahrnující viry, bakterie a houbové organismy) (Toth et Kmoch, 2016).

Vážným škůdcem jsou housenky zavíječe kukuřičného (*Ostrinia nubilalis*), které poškozují listy a tyto požerky jsou vstupní branou pro mykozní onemocnění, později pak dochází k lámání stébel a vylamování palic. Způsobují nejen ztráty na výnosu, ale i významně zhoršují kvalitu produkce (Zimolka, 2008). Úspěšná ochrana je závislá především na přesném termínu aplikace biologických nebo chemických prostředků (Kazda et al., 2010).

Od roku 2002 se šíří v ČR jižních oblastí Evropy nebezpečný škůdce bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera*). Brouci poškozují žírem celou nadzemní rostlinu, ale velké škody způsobují žírem na palici, kde poškozují jednotlivá vyvíjející se zrna. Škodám se může zabránit střídáním plodin, kdy by se pozemky neměly osévat kukuřicí po sobě (Kazda et al., 2010).

Během celé vegetace se v kukuřici vyskytují různé druhy mšic, třásněnek, klopušek a kněžic. V podmínkách ČR nezpůsobují hospodářsky závažné škody a ochrana se neprovádí (Kazda et al., 2010).

Z chorob se u kukuřice vyskytuje zejména obecná snětivost kukuřice, jejímž původcem je stopkovýtrusá houba *Ustilago maydis*. Způsobuje onemocnění jakékoliv části kukuřičné rostliny, kde jsou parenchymatické buňky. Vytváří různě velké hálky s bílou modifikovanou pokožkou. Intenzita napadení je ročníkově a lokálně závislou veličinou. Běžné napadení dosahuje do 5 % napadených rostlin, v některých ročnících je napadeno 30 až 85 % rostlin.

Výsledkem silného napadení může být snížení výnosů. Dochází také k obsahovým změnám v znu (snížení obsahu škrobu).

Orba snižuje napadení sněti v následné kultuře kukuřice. K omezení jejich životnosti také vede ošetření posklizňových zbytků kapalnými dusíkatými hnojivy. Také výživa fosforem snižuje napadení. Z chemické ochrany není registrován žádný přípravek (Zimolka, 2008).

V časně mléčné zralosti začínají být patrné příznaky napadení palic houbami rodu *Fusarium* – tzv. bílorůžová hniloba zrn. Příznakem je nepravidelné vyžrávání, deformace, hnědavé až červenofialové zbarvení zrn. Druhy *Fusarium* mohou být příčinou také hniloby stébel kukuřice. Houby rodu *Fusarium* produkují toxiny nebezpečné jak pro člověka, tak pro zvířata.

Pravděpodobnost napadení se zvyšuje častým pěstováním kukuřice a dalších hostitelských rostlin (obilniny) na pozemku. Vyšší napadení je také často spojeno s poškozením rostlin žírem zavíječe kukuřičného. Přímá chemická ochrana se neprovádí, není vzhledem k dlouhému období rizika vzniku infekce rentabilní (Kazda et al., 2010).

4. Kvalita silážní kukuřice

Kukuřičná siláž se řadí ke skupině objemných glycidových krmiv se zvláštním postavením vzhledem k vysokému podílu škrobu a tím i vysoké koncentraci energie ve srovnání s ostatními píceňinami. Vzhledem k relativně vysoké stravitelnosti škrobu se zvyšování jeho obsahu a tedy i podílu zrna v rostlině stalo v minulých letech základním šlechtitelským cílem (Třináctý et al., 2013).

Z hlediska využití obsahuje dvě velmi odlišné části: zrno a zbylá nadzemní část rostliny. Během růstu zrání se mění složení i podíl těchto částí. Záleží i na jejich podílu ve sklizeném produktu (např. zvyšováním strniště se zvyšuje podíl zrna). I ve zbytku rostliny jsou části s odlišným složením a vlastností (stonek, listy, listeny, vřeten), které ovlivňují výslednou kvalitu produktu. Podíly palic (resp. zrna v palicích, cca 65 %) a zbytku rostlin (cca 35 %) včetně jejich složení a změn jsou dány z velké části geneticky, ale ovlivňuje je také mnoho dalších faktorů od agrotechniky, přes počasí, až po způsob sklizně, konzervace a uskladnění (Loučka et al., 2015).

4.1 Termín sklizně

Termín sklizně má u silážní kukuřice zvláště velký vliv nejen na celkový výnos sušiny a živin, zejména energie, ale také na kvalitu, zejména stravitelnost organické hmoty zbytku rostliny a na koncentraci škrobu v sušině celé rostliny. Pro stanovení optimálního termínu sklizně silážní kukuřice se v současné době doporučuje využití sumy efektivních teplot podle ranosti hybridů a výrobních oblastí (tab. 1) (Zimolka, 2008; Skládanka et al., 2012)

Rozpětí (č. FAO)	Celkový teplotní úhrn (°C)
200 – 230	1 350 – 1 410
230 – 250	1 400 – 1 460
250 – 280	1 440 – 1500
280 – 300	1 470 – 1530
300 - 350	1 500 – 1 600

Tabulka 1: Teplotní požadavky hybridů s rozdílnými č. FAO (Zimolka, 2008)

Samotný obsah sušiny pro sklizeň má pouze informativní význam, důležitý je fyziologický stupeň zralosti zrna (ukončení syntézy škrobu v zrnech – 2/3 mléčná zralost až výskyt černé skvrny). Existují velké rozdíly v obsahu sušiny podle typu hybridů a zdravotního stavu (Zimolka, 2008).

4.2 Sušina

Samotný obsah sušiny pro sklizeň a silážování kukuřice má pouze informativní význam, důležitý je fyziologický stupeň zralosti zrna (ukončení syntézy škrobu v zrnech – 2/3 mléčná zralost až výskyt černé skvrny) (Zimolka, 2008).

V průběhu vegetačního období se mění obsah sušiny, což ho předurčuje k jeho použití jako významného ukazatele pro stanovení optimálního termínu sklizně. Z četných experimentů vyplývá, že rozpětí obsahu sušiny celých rostlin kukuřice se pohybuje mezi 28 % - 35 %. Se zvyšujícím obsahem sušiny nad optimální rozpětí klesá stravitelnost škrobu i NDF (Třináctý et al., 2010).

Existují velké rozdíly v obsahu sušiny podle typu hybridů a zdravotního stavu. Pro sklizeň tradičních hybridů s tzv. rychlým dozráváním zbytku rostliny (stéblo a listy bez palice) se doporučuje optimální obsah sušiny celé rostliny při sklizni v rozmezí 28 – 33 %, maximálně 35 % s tím, že sušiny zbytku rostliny by neměla být větší než 24 - 25 %.

Jinak je tomu u kukuřičných hybridů stay green, tedy hybridů s rovnoměrným dozráváním zbytku rostliny. Rovnoměrné dozrávání zbytku rostliny udržuje ve fyziologickém zdravém a zeleném stavu fotosynteticky aktivní pletiva a obsah sušiny zbytku rostliny je vždy nižší (21 – 24 %). Sušina zbytku rostliny ve výši 24 % odpovídá celkové sušině rostliny 35 %.

Z uvedeného vyplývá, že hybridy stay green se silážují v porovnání s hybridy klasickými při relativně vyšším obsahu celkové sušiny, optimálně se pohybuje mezi 33 – 35 %, tj. při nižším obsahu sušiny zbytku rostliny (21 – 22 %) (Zimolka, 2008).

Komainda et al. (2018) na základě pokusů, zjistili, že výnos sušiny je významně ovlivněn termínem sklizně. U hybridů, které byly sklizeny dříve, došlo k redukci obsahu sušiny o 11 - 13 % ve srovnání s hybridy sklizenými v pozdějších termínech.

Také Eckersten et al. (2011) uvádějí vliv termínu sklizně na výnos sušiny a kvalitu píce. Ve svých pokusech zjistili u pozdě dozrávajících hybridů vyšší výnosy než u ranějších hybridů.

4.3 Škrob

Škrob se v laboratořích stanovuje a v databázích krmiv eviduje od roku 2003. V průměru posledních 13 let se pohybuje koncentrace škrobu v kukuřičných silážích $31,5 \pm 1,5$ %, v kukuřičném zrně 68 ± 2 % v sušině.

Obsah a degradovatelnost škrobu ovlivňuje mnoho faktorů. Všechny faktory, které snižují intenzitu fotosyntézy, jsou příčinou menšího nalévání zrna a nižšího hromadění škrobu. Na začátku nalévání zrna je vyšší zastoupení rozpustných cukrů a méně škrobu, naopak ve zralém zrně převažuje obsah škrobu. S pokračující zralostí zrna klesá degradovatelnost škrobu.

Škrob tak hraje velmi významnou roli v době, kdy byly v průběhu vegetace nepříznivé povětrnostní podmínky, kdy se např. vlivem sucha zbrzdil nebo úplně zastavil vývin palic (Loučka et al., 2015).

Stravitelnost škrobu je ovlivněna typem endospermu zrna. Rozlišujeme dva základní genotypy kukuřice: dent (koňský zub) a flint. Zrno kukuřice genotypu flint obsahuje vyšší podíl sklovitého endospermu, který snižuje stravitelnost škrobu (Třináctý et al., 2010).

U rychle dozrávajících hybridů se obsah škrobu v zrně zpočátku navyšuje velmi rychle, později dochází ke zpomalení nárůstu. Naopak u hybridů stay green je škrob ukládán pozvolna a dlouhodoběji (Fuksa et Kalista, 2006).

Mlyneková et Čerešňáková (2013) na základě pokusu uvádí, že obsah škrobu je závislý na typu zrna. Byly porovnány typy hybridů dent a dent x flint. Hybridy typu dent vykazovaly vyšší účinnost degradovatelnosti škrobu (60, 2 %), než hybridy typu dent x flint (59, 6 %).

4.4 Vlákna

Obsah hrubé vlákniny je ukazatel, který se využívá ve Weendenském způsobu analýz krmiv. Již delší dobu se však u nás i jinde ve světě hodnotí neutrálně detergentní vlákna (NDF) a acido detergentní vlákna (ADF). NDF zahrnuje ADF a hemicelulózy, ADF obsahuje celulózu a lignin. V současné době se ke stanovení všech typů vlákniny používají moderní přístroje, např. Ankom. V kukuřičných silážích se běžně vyskytuje NDF v sušině kolem 45 % a ADF v sušině kolem 23 % (Loučka et al., 2015).

Obsah NDF v rostlině kukuřice klesá se stářím rostliny vlivem zvyšujícího se obsahu škrobu v klasu. Vyšší stravitelnost NDF poskytují hybridy typu BMR (brown midrib – hnědé střední žebro) v důsledku významně nižšího obsahu ligninu (Třináctý et al., 2010).

Hodnocení stravitelnosti NDF je základem systému MILK 2006, podle kterého lze predikovat množství mléka na tunu silážní kukuřice i na hektar. Systém MILK 2006 se stal standardem pro hodnocení kukuřičných hybridů. Nejvíce jsou pak ceněny hybridy s vysokým potenciálem produkce mléka z 1 tuny sušiny siláže, ale také zároveň s vysokou produkcí mléka z hektaru (Loučka et al., 2015).

4.5 Dusíkaté látky

Podstatnou část dusíkatých látek v zrna kukuřice tvoří bílkoviny. Jejich obsah se pohybuje okolo 10 % - může však dosáhnout i 20 %. Na nebílkovinný dusík připadá jen 1 - 5 %. Obdobně jako u ostatních obilovin sestávají bílkoviny kukuřice z frakcí: albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny. Biologická a krmná hodnota je určena především obsahem aminokyselin, zvláště esenciálních aminokyselin (Zimolka, 2008).

4.6 Systémy pro hodnocení silážních hybridů kukuřice

Cílem systémů pro hodnocení kukuřičných hybridů je podchytit faktory ovlivňující stravitelnost hlavních živin a zpřesnit výpočet obsahu energie.

Zatím nejkomplexnější přístup k hodnocení silážních hybridů kukuřice poskytuje americký systém Milk 2006, který byl vyvinut na principech systému NRC 2001, což umožňuje řešit energetický příspěvek odděleně pro každou živinu. Předností systému je, že při výpočtech obsahu a příjmu energie zohledňuje i příjem sušiny. Výstupem systému jsou tzv. indexy v podobě produkce mléka na tunu sušiny a na hektar, což umožní porovnávat hybridy jak po stránce kvality, tak i výnosu.

Ve Francii se pro hodnocení kukuřičných hybridů používá parametr DINAG, který je zaměřený na vyhodnocování výsledků šlechtění, zaměřeného na stravitelnost vlákniny.

V Německu a Rakousku je hodnotícím kritériem kvality kukuřičných hybridů stravitelnost organické hmoty, která je zastoupena parametry ELOS a IVDOM (Třináctý et al., 2017)

5 Materiál a metodika

5.1 Charakteristika pokusného stanoviště

Pozemek se nachází ve Staňkově Lhotě nedaleko obce Sobotka (okres Jičín). Je lokalizován v obilnářské zemědělské výrobní oblasti v nadmořské výšce 380 m.

	pH	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)
Hodnoty	6,4	90	178	265	2140

Tabulka 2: Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd (rok 2015)

Měsíc	Průměrná Měsíční teplota [°C]	Měsíční úhrn srážek [mm]
Leden	-5.0	79.7
Únor	2.1	38.1
Březen	6.7	41.0
Duben	7.8	77.8
Květen	15.0	33.0
Červen	18.6	55.7
Červenec	19.0	100.8
Srpen	19.5	53.4
Září	12.7	68.2
Říjen	10.1	99.5
Listopad	4.2	43.8
Prosinec	1.2	56.0
Průměrná roční teplota [°C]		9,3
Roční úhrn srážek [mm]		747
Dlouhodobý teplotní normál (1961 – 1990) [°C]		7,8
Dlouhodobý srážkový normál (1961 – 1990) [mm]		760

Tabulka 3: Meteorologická data pokusného stanoviště (Sobotka, 2017)

5.2 Založení pokusu

Pokus byl založen 1. 5. 2017 na pozemku podniku Agrochov Sobotka, a. s. Přesný výsev byl proveden secím strojem Monosem.

Pro pokus byly použity dva hybridy (RGT Volumixx a RGT Direxxion), které byly vysety ve dvou různých hustotách (92 000 a 111 000 jedinců na hektar). Každá ze 4 variant byla založena ve 4 opakováních. Velikost parcel byla 6 m x 150 m = 900 m². Na jedné parcele bylo vyseto 8 řádků, meziřádková vzdálenost byla 0,75 m.

Varianta	Výsevek (rostlin/ha)	Hybrid
1	92000	Volumixx
2	111000	Volumixx
3	92000	Direxxion
4	111000	Direxxion

Tabulka 4: Varianty pokusu silážní kukuřice

5.3 Charakteristika hybridů

Hybridy RGT Volumixx a RGT Direxxion nejsou výrazně odlišné rostliny. Rozdíl je pouze v postavení listů, kde hybrid RGT Volumixx je planofilní a hybrid RGT Direxxion erektofilní. Dále je odlišnost ve výšce, kdy hybrid RGT Direxxion bývá vyšší, než hybrid RGT Volumixx.

Volumixx – registrace v roce 2014, FAO (250)

- Ranný dvouliniový hybrid
- Tvrdý typ zrna
- Rovnoměrně dozrávající
- Plastický hybrid k vysoké produkci hmoty
- Velmi vysoká, bohatě olistěná rostlina
- Rychlý start na jaře
- Dobrá krmná hodnota ve všech ukazatelích
- Dobře opylené palice
- Pevné stéblo, velmi dobrý zdravotní stav

Direxxion – registrace v roce 2016, FAO(260)

- Ranný dvouliniový hybrid
- Tvrdý typ zrna
- Rovnoměrně dozrávající
- Velmi vysoká, bohatě olistěná rostlina
- Vhodný pro intenzivní podmínky
- Dobře vyvážený poměr obsahu škrobu a stravitelné vlákniny (DINAG)
- Dobrý zdravotní stav

5.4 Agrotechnická opatření

Jako předplodina byla použita pšenice ozimá. Pokusný pozemek byl hnojen na podzim 30 t/ha kejdy. Na jaře bylo aplikováno 300 kg/ha močoviny. Na podzim byla provedena orba. Na jaře byl pozemek ošetřen smykováním, a dále byl před setím použit kombinátor. Proti plevelům byl porost ošetřen přípravky Maister 150 g/ha a Mero 2 l/ha.

5.5 Hodnocené parametry

U kukuřice byl stanoven výnos zelené hmoty, výnos suché hmoty, obsah sušiny, hodnoty LAI a výška rostlin.

Během vegetace bylo vybráno v každé variantě 10 rostlin (celkem 160 rostlin), u kterých se měřila výška rostlin. Měření během vegetace proběhlo 3krát. U vybraných rostlin pro měření výšky bylo uskutečněno na konci vegetace měření LAI pomocí přístroje SunScan.

Sklizeň proběhla v době silážní zralosti rostlin, dne 4. 10. 2017. Sklizeň probíhala ručně vysekáním rostlin v délce 5 metrů na každé parcele. U těchto rostlin došlo k zvážení a vyhodnocení výnosu. Ostatní rostliny na parcele byly sklizeny sklízecí řezačkou. Každá varianta byla sklizena a zvážena samostatně. Dále z každé parcely byly odebrány 3 rostliny, které byly rozřezány na řezanku. Následně byl navážen vzorek 100 gramů, který byl vysušen do konstantní hmotnosti pro stanovení sušiny.

5.6 Statistické vyhodnocení dat

Dosažené výsledky byly statisticky vyhodnoceny dvoufaktorovou analýzou rozptylu (Tukey HSD test, $\alpha = 0,05$) v programu Statistica 12

6 Výsledky

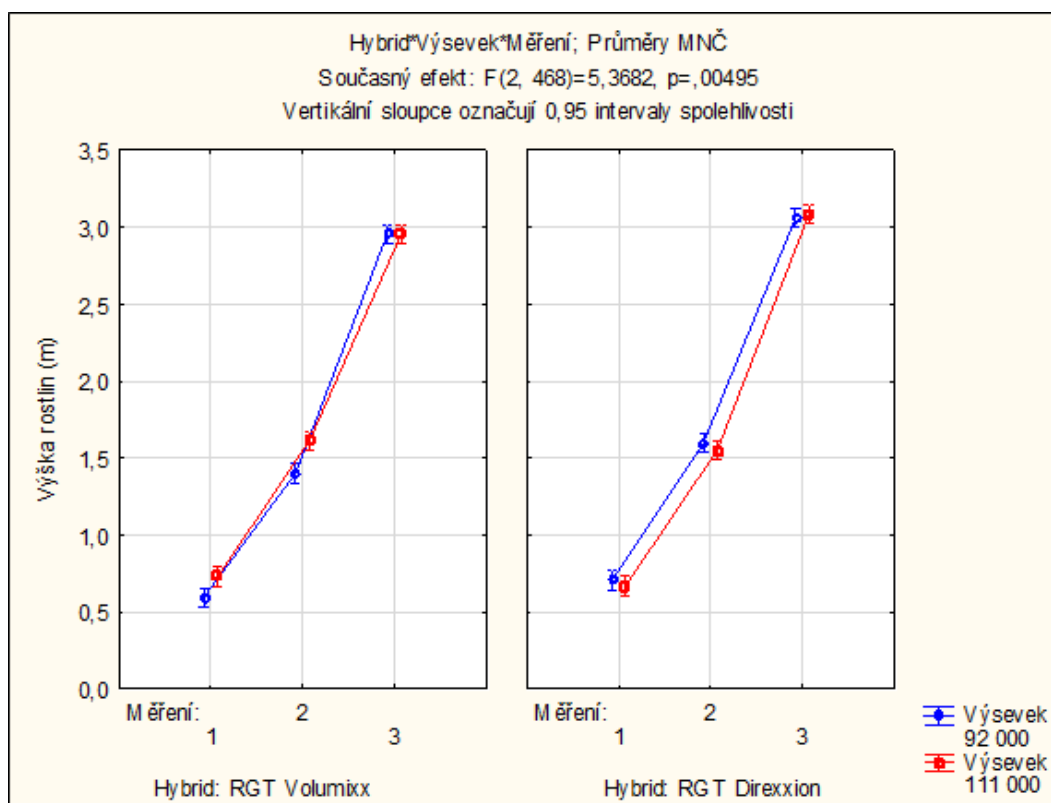
6.1 Výška rostlin

V grafu jsou zobrazeny výšky rostlin kukuřice v metrech. V programu Statistica 12 byla provedena dvoufaktorová ANOVA, vertikální sloupce označují 0,95 % interval spolehlivosti. Byly provedeny 3 měření výšky rostlin kukuřice během vegetace.

Nejvyšší rostliny kukuřice byly naměřeny u hybridu RGT Direxxion (1,77 m). U hybridu RGT Volumixx byla výška 1,71 m. Změna výsevku se na výšce rostlin projevila ve prospěch navýšené hustoty 111 000 rostlin/ha o 0,06 m. Během 1. měření byla průměrná výška rostlin 0,67 m, při 2. měření 1,54 m, v posledním měření byla výška 3,01 m.

U hybridu RGT Direxxion 92 000 rostlin/ha je patrné, že byly rostliny ve všech třech termínech vyšší, než u hybridu RGT Volumixx 92 000 rostlin/ha.

U hybridu RGT Volumixx 111 000 rostlin/ha byly naměřeny v 1. a 2. termínu vyšší rostliny, než u hybridu RGT Direxxion 111 000 rostlin/ha.



Graf 2: Průměrná výška rostlin během vegetace

Hybrid	Výsevek	Výška rostlin	LAI	Sušina	Výnos zelené hmoty	Výnos suché hmoty*	Výnos suché hmoty**
		(m)	(m ² /m ²)	(%)	(t/ha)	(t/ha)	(kg/5m)
RGT Volumixx		2,95 ^a	6,05 ^a	37,00	54,53 ^a	20,16	22,52
RGT Direxxion		3,07 ^b	5,54 ^b	37,38	49,18 ^b	18,37	21,99
<i>P</i>		< 0,000	0,011	0,461	0,41	0,075	0,656
	92 000	3,01	5,76	37,94 ^a	50,31	19,09	23,18
	111 000	3,02	5,83	36,44 ^b	53,39	19,45	21,32
<i>P</i>		0,689	0,708	0,010	0,213	0,701	0,133
RGT Volumixx	92 000	2,96 ^a	6,09	38,38	53,23	20,43	22,69
	111 000	2,95 ^a	6,01	35,63	55,82	19,89	22,34
RGT Direxxion	92 000	3,06 ^{ab}	5,43	37,5	47,39	17,74	23,68
	111 000	3,09 ^b	5,65	37,25	50,96	19,01	20,30
<i>P</i>		0,647	0,447	0,026	0,835	0,342	0,214

Tabulka 5: Výška rostlin, LAI, sušina, výnos zelené hmoty, výnos suché hmoty a výnos zelené hmoty z délky 5 metrů.

* Výnos suché hmoty z celé parcely.

** Výnos suché hmoty stanovené z 5 m.

Výška rostlin

Statistické výsledky prokazují vliv hybridu na výšku rostlin, kde hybrid RGT Direxxion vykazoal vyšší průměrnou výšku než hybrid RGT Volumixx. U výsevku nebyl sledán vliv na výšku rostlin kukuřice. Dále je z hodnot patrné, že rozdílné výsevky u hybridu RGT Volumixx neměly vliv na výšku rostlin. Z vyhodnocení interakce hybrid* výsevek je patrná

průkaznost rozdílu mezi variantou RGT Volumixx (111000 rostlin/ha) a RGT Direxxion (111000 rostlin/ ha).

6.2 LAI

Ze statistických hodnot je zřejmý průkazný rozdíl mezi hybridy. U hybridu RGT Volumixx byly průměrné hodnoty 6,05 (m²/m²), zatímco u hybridu RGT Direxxion 5,54 (m²/m²).

Mezi výsevky nebyly žádné rozdíly. Mezi kombinacemi hybridu a výsevku nebyl zaznamenán markantní rozdíl. Hodnoty se pohybovaly od 5,43 do 6,09 (m²/m²).

6.3 Obsah sušiny

Z porovnání obsahu sušiny je patrné, že u základního výsevku 92 000 rostlin/ha byl zaznamenán vyšší obsah sušiny o 1,5 % ve srovnání s výsevkem 111 000 rostlin/ha. Mezi hybridy a kombinacemi hybridů s jednotlivými výsevky nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl.

6.4 Výnos zelené hmoty

U hybridu RGT Volumixx byl zaznamenán vyšší výnos zelené hmoty 54,53 t/ha, než u hybridu RGT Direxxion 49,18 t/ha. Mezi výsevky byl rozdíl výnosu 3,08 t/ha, což statisticky není průkazné. Ani kombinace hybridů a jednotlivých výsevků neměla vliv na výnos zelené hmoty.

6.5 Výnos suché hmoty z délky 5 metrů

U hybridu RGT Volumixx byl zaznamenán vyšší výnos suché hmoty o 0,53 kg, než u hybridu RGT Direxxion. U výsevku 92 000 rostlin/ha byl výnos 23,18 (kg/5m), kdežto u hustoty 111 000 rostlin/ha byl zaznamenán výnos 21,32 (kg/5m). Mezi hybridy v interakci s výsevky nebyl shledán statistický průkazný rozdíl. Nejvyššího výnosu dosáhl hybrid RGT Direxxion ve výsevku 111 000 rostlin/ ha.

6.6 Výnos suché hmoty

Na základě hodnot výnosu suché hmoty nebyl shledán vliv hybridu, výsevku ani jednotlivých kombinací na výnos suché hmoty.

7 Diskuze

Cílem práce na základě experimentu bylo zhodnotit vliv dvou hybridů RGT Volumixx a RGT Direxxion v interakci s rozdílnými výsevky na výnos silážní kukuřice.

Výnos silážní kukuřice z jednotky plochy je determinován hmotností jednotlivých rostlin a jejich celkovým sklizeným počtem (Fuksa et al., 2017).

Podle Křepelky (2011) pro tvorbu výnosu má nezastupitelné místo hnojení dusíkem. V porovnání s ostatními živinami zpravidla nejvíce rozhoduje o výši výnosu i kvalitě produkce. Na podzim byla na pozemek aplikována dávka hnoje 30 t/ha, tedy nižší dávka než je doporučení dle Balíka et al. (2001). Na jaře byla aplikována dávka močoviny 300 kg/ha.

Pro experiment bylo použito konvenční zpracování půdy. Videnovič et al. (2011) ověřovali zpracování půdy na výnos kukuřice. Výsledky ukázaly nejvyšší průměrný výnos zrna u konvenčního zpracování půdy (10,61 t/ha).

Dále Fuksa et al. (2017) uvádějí, že pro dosažení maximálního výnosu silážní hmoty je tedy nutné zvolit takový výsevek, který odpovídá podmínkám stanoviště, intenzitě vstupů a respektuje vlastnosti vybraného hybridu vhodného pro konkrétní lokalitu. Pro pokus byl stanoven základní výsevek 92 000 rostlin/ha a výsevek navýšený o 20 %, tedy 111 000 rostlin/ha.

Klasickou meziřádkovou vzdáleností je 70 a 75 cm, ta má zajistit dostatek světla pro asimilaci, lepší prohřívání půdy a minimální ztráty při sklizni. V našem pokusu byla zvolena vzdálenost 75 cm.

Svoboda (2004) zjistil, že pro stanovení skutečného výsevku zvyšujeme doporučený počet rostlin o 10 – 15 % na hektar. Eliminujeme tím vliv pozdní vzcházivosti na hustotu porostu a ztráty způsobené ošetřováním v průběhu vegetace

Jak uvádí Dahmardeh (2011) vyšší hustota rostlin přispívá k vyššímu výnosu zrna na základě vzrůstajícího fotosynteticky aktivního záření. Na druhé straně podle Kulované (2001) u hustých porostů se při nedostatku vody zvyšuje nárok na živiny a vodu, kukuřice má snížený růst do výšky, nižší výnos palic a předčasně dozrává.

Podle Loučky et al. (2015) výběr hybridu kukuřice patří mezi jedno z nejdůležitějších opatření. Každý hybrid je jiný, každý může jinak reagovat na změny počasí a agrotechnické zásahy.

Vhodná volba hybridu, jako základní podmínka pro pěstování silážní kukuřice, podle čísla FAO, kterou uvádí Zimolka et al. (2008), prokázala dosažení výnosu u jednoletého pokusu. Pro pokus byly vybrány středně rané hybridy s číslem FAO 250 a 260.

Výsledky pokusu prokázaly vliv daného hybridu na výnos zelené hmoty. Hybrid RGT Volumixx poskytl vyšší výnos o 5,35 t/ha, než hybrid RGT Direxxion. Hustota porostu neměla na výnos zelené hmoty značný vliv. Ani kombinace hybridu s danými výsevky neprokázala vliv na výnos hmoty.

Výnos biomasy při pěstování silážní kukuřice hraje důležitou úlohu pro dosažení výnosu, který spolu s obsahem sušiny vytváří výnos sušiny. Komainda et al. (2018) na základě pokusů, zjistili, že výnos sušiny je významně ovlivněn termínem sklizně. V našem experimentu byl výnos sušiny u hybridu RGT Volumixx 20, 16 t/ha a u RGT Direxxion 18, 37, což statisticky není průkazný rozdíl. Dále ani hustota neměla značný vliv na výnos sušiny.

V podmínkách bez významnějšího omezení zásobení vodou a živinami je výnos kukuřice závislý především na velikosti listové plochy tj. hodnotě LAI. Optimální hodnoty LAI pro dosažení nejvyšších výnosů se pohybují v rozmezí 3 – 4 (Fuksa et al., 2017) Ze statistických hodnot je zřejmý průkazný rozdíl mezi hybridy. U hybridu RGT Volumixx byly průměrné hodnoty 6,05 (m^2/m^2), zatímco u hybridu RGT Direxxion 5,54 (m^2/m^2). Obecně platí, že hodnoty LAI se významně zvyšují s rostoucí hustotou porostu. V našem pokusu vyšly nepatrně vyšší hodnoty LAI pro vyšší hustotu.

Jak uvádějí Třináctý et al. (2010) na základě četných experimentů, obsah sušiny celých rostlin kukuřice se pohybuje mezi 28 % a 35 %. V našem pokusu byly zaznamenány hodnoty sušiny u hybridu RGT Volumixx 37,00 % a RGT Direxxion 37, 38 %. Vliv na vyšší hodnoty sušiny mělo ochlazení na konci vegetační doby, což způsobilo prodloužení dozrávání do optimální sušiny. Tento parametr nebyl ovlivněn ani výší výsevků.

Çaprici et al. (2010) prokázali, že se zvyšující se hustotou porostu se zvyšuje výnos sušiny. V našem experimentu se toto tvrzení nepotvrdilo. Vyšší obsah sušiny byl prokázán v nižší hustotě 92 000 rostlin/ha.

Vyšší rostliny byly naměřeny u hybridu RGT Direxxion, což je v souladu s očekáváním, neboť se jedná o pozdnější hybrid. Změna výsevku se na výšce rostlin neprojevila. Z vyhodnocení interakce hybrid* výsevek je patrná průkaznost rozdílu mezi variantou RGT Volumixx (111000 rostlin/ha) a RGT Direxxion (111000 rostlin/ ha).

Dlouhodobý teplotní normál (1961 – 1990) byl pro Královehradecký kraj v roce (2017) 7, 8 °C. Na lokalitě Sobotka se pohybovala průměrná roční teplota nad dlouhodobým teplotním normálem. Průměrná roční teplota byla 9, 3 °C.

V roce 2017 spadlo na Sobotecku průměrně 747 mm, srážky se tak blížily dlouhodobému normálu z let 1961 – 1990, který tvoří 760 mm ročně (zdroj ČHMÚ).

Nejvyšší teploty byly naměřeny v měsíci červen – srpen. Jak uvádí Šantrůček et al. (2008) pro dosažení vysokého výnosu mají největší význam teploty v červnu, červenci a začátkem srpna, kam spadá období hlavního vývoje kukuřice.

Nejvíce srážek bylo v měsíci červenec 100, 8 mm. Zimolka (2008) udává, že optimální pro pěstování kukuřice je 80 – 120 mm srážek za měsíc.

8 Závěr

Hlavním cílem práce bylo vypracovat literární rešerši zaměřenou na faktory ovlivňující výnosové a kvalitativní parametry. V experimentální části byl sledován vliv hustoty a daného hybridu na výnos silážní kukuřice.

Byly založeny varianty dvou hybridů RTG Volumixx a RGT Direxxion v interakci na různé výsevky 92 000 rostlin/ha a 111 000 rostlin/ha. Z praktické části vyplývá:

- Průměrná výška rostlin všech variant se pohybovala v rozmezí 2,95 – 3,09. Nejvyšší rostliny byly naměřeny v interakci hybrid* výsevek u RGT Direxxion 111 000 rostlin/ha. Mezi danými hybridy byl sledován průkazný rozdíl. Hybrid RGT Direxxion vykazoval v průměru vyšší výšku rostlin, než hybrid RGT Volumixx. Výsevky neměly významný vliv na výšku rostlin.
- U hodnot LAI je sledován statisticky průkazný rozdíl mezi danými hybridy. Hybrid RGT Volumixx vykazoval hodnoty 6,05 (m^2/m^2) a hybrid RGT Direxxion 5,54 (m^2/m^2). Rozdílné výsevky neměly vliv na hodnoty LAI.
- U výsevků byl prokázán vliv na obsah sušiny. V hustotě 92 000 rostlin/ha byly hodnoty sušiny 37,94 a hustoty 111 000 rostlin/ha 36,44 %. Mezi hybridy byly nepatrné rozdíly.
- Vliv na výnos zelené hmoty byl prokázán u hybridů. Hybrid RGT Volumixx poskytl výnos 54,53 t/ha a hybrid RGT Direxxion 49,18 t/ha. Vliv rozdílných výsevků na výnos zelené hmoty nebyl statisticky prokázán.
- Na základě hodnot výnosu suché hmoty nebyl sledován vliv hybridu, výsevku ani jednotlivých kombinací na výnos suché hmoty.
- Dále ani u výnosu zelené hmoty z délky 5 m řádku nebyl prokázán vliv hybridu ani výsevku.
- Z dosažených výsledků je patrný větší rozdíl mezi porovnávanými hybridy oproti vlivu odlišných výsevků na výnosové charakteristiky silážní kukuřice.

9 Seznam literary

- Abuzar, M. R., Sadozai, G. U., Baloch, A. A., Shah, I. H., Javaid, T., Hussain, N. 2011. Effect of plant population densities on yield of maize. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21 (4), 692-695.
- Acquah, H., Kyei, C. K. 2012. The effects of climatic variables and crop area on maize yield and variability in Ghana. *Russian Journal of Agricultural and Socio- Economic Sciences*, 10 (10).
- Aikins, S. H. M., Afuakwa, J. J., Owusu- Akuoko, O. 2012. Effect of four different tillage practices on maize performance under rainfed conditions. *Agriculture and Biology Journal of North America*,
- Araújo, K. G., Villela, S. D. J., Leonel, F. P., Costa, P. M., Fernandes, L. O., Tamy, W. P., Andrade, V. R. 2012. Yield and quality of silage of maize hybrids. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 6, 1539 - 1544.
- Çarpıcı, E. B., Çelik, N., Bayram, G. 2010. Yield and quality of forage maize as influenced by plant density and nitrogen rate. *Turkish Journal of Field Crops*, 15 (2), 128-132.
- Crista, F., Boldea, M., Radulov, I., Lato, A., Crista, L., Dragomir, C., Berbecea, A., Nita, L., Okros, A. 2014. The impact of chemical fertilization on maize yield. *Research Journal of Agricultural Science*, 46 (1).
- Dahmardeh, M. 2011. Effect of plant density and nitrogen rate on PAR absorption and maize yield. *American Journal of Plant Physiology* 6, 44 – 49.
- Eckersten, H., Herrmann, A., Kornher, A., Halling, M., Sindhoj, E., Lewan, E. 2011. Predicting silage maize yield and quality in Sweden as influenced by climate change and variability. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B- Soil and Plant Science*, 2, 1-15.
- Farnia, A., Mansouri, M. 2014. Effect of plant density to yield and yield components of maize (*Zea mays L.*) cultivars. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 3, 123-127.

- Gaile, Z., Arhipova, I. 2015. Influence of meteorological factors on maize performance in Latvia. *Proceeding of the Latvian Academy of Sciences*, 69 (1/2), 68-76.
- Kazda, J., Mikulka, J., Prokinová, E. 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin*. ProfiPress s.r.o., 399. ISBN: 978- 80- 86726- 34- 2.
- Komainda, M., Taube, F., Kluß, Ch., Hermann, A. 2018. The effect of maize (*Zea mays L.*) hybrid and harvest date on above- and belowground biomass dynamics, forage yield and quality – A trade-off for carbon inputs? *European Journal of Agronomy*, 92, 51-62.
- Lin, Y., Feng, Z., Wu, W., Yang, Y., Zhou, Y., Xu, Ch. 2017. Potential impacts of climate change and adaptation on maize in Northeast China. *American Society of Agronomy*, 109, 1476 – 1490.
- Loučka, R., Lang, J., Jambor, V., Tyrolová, Y., Třináctý, J., Kučera, J. 2015. Kritéria pro výběr hybridů kukuřice na siláž. *Zemědělský výzkum, spol. s.r.o., Troubsko*, 64 s., ISBN: 978-80-88000-05-1.
- Mlyneková, Z., Čerešňáková, Z. 2013. Degradation of starch and crude protein in dent and dent x flint maize hybrids in different stages of maturity. *Animal Production Research Centre Nitra*, 46 (2), 61-67.
- Nik, M. M., Babaeian, M., Tavassoli, A., Asgharzade, A. 2011. Effect of plant density on yield and yield components of corn hybrids (*Zea mays L.*) *Scientific Research and Essays*, 6 (22), 4821 - 4825.
- Rihab, M., Fadlalla, B., Hussien, A. H. M., Abdelkreim, M. 2015. Effect of different nitrogen fertilization levels on yield of maize (*Zea Mays L.*) as winter forage. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 4, 197 – 201.
- Saberi, A. R., Shamsabadi, H. T., Hassan, S. A. 2014. Influence of different tillage systems on yield of corn (*Zea Mays L.*). *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*, 3 (9), 278- 283.

Šantrůček, J., Fuksa, P., Hakl, J., Kocourková, D., Svobodová, M., Veselá, M. 2008. Encyklopedie pícninářství. Česká zemědělská univerzita v Praze, 157 s., ISBN: 978-80-213-1605-8.

Třináctý, J. (ed.) 2010. Hodnocení kukuřičné siláže pro dojnice dle systému MILK 2006. Agrovýzkum Rapotín s.r.o., 35 s., ISBN: 978-80-87144-15-2.

Třináctý, J. (ed.) 2013. Hodnocení krmiv pro dojnice. AgroDigest s.r.o., 592 s., ISBN: 978-80-260-2514-6.

Třináctý, J. (ed.) 2017. Cornellský systém ve výživě dojnic. AgroDigest s.r.o., 111 s., ISBN: 978-80-270-2269-4.

Videnovič, Ž., Simič, M., Srdič, J., Dumanovič, Z. 2011. Long term effects of different soil tillage systems on maize (*Zea mays L.*) yields. Ministry of Science and Technological Development of Republic of Serbia, 57 (4), 186-192.

Woldesenbet, M., Haileyesus, A. 2016. Effect of nitrogen fertilizer on growth, yield and yield components of maize (*ZEA MAYS L.*) in decha district, southwestern Ethiopia. International journal of research Granthaalayah, 2, 95-100.

Zamir, M. S. I., Javeed, H. M. R., Ahmed, W., Ahmed, A. U. H., Sarwar, N., Shehzad, M., Sarwar, M. A., Iqbal, S. 2012. Effect of tillage and organic mulches on growth, yield and quality of autumn planted maize (*Zea mays L.*) and soil physical properties. Cercetări Agronomice în Moldova, 2 (154).

Zimolka, J. (ed.) 2008. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. ProfiPress s.r.o., 200 s., ISBN: 978-80-86726-31-1.

Internetové zdroje

Balík, J., Černý, J., Tlustoš, P. Princip hnojení kukuřice. [online]. Farmář. 2001. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z < <http://profipress.cz/archiv/farmar-112001/#page/42>>

- Balík, J., Černý, J., Pavlíková D. Poznámky k výživě a hnojení kukuřice. [online]. Farmář. 2009. [cit. 2018-02-22]. Dostupné z <http://profipress.cz/archiv/farmar-032009/#page/37>
- Bouma, D. Kukuřice je velmi citlivá na zaplevelení. [online]. 16. ledna 2017. [cit. 2017-12-1]. Dostupné z < <http://uroda.cz/kukurice-je-velmi-citli-va-citli-va-na-zapleveleni/>>
- Černý, J., Balík, J., Kulhánek, M. Vliv hnojení dusíkem na jeho obsah v ornici a výnos silážní kukuřice. [online]. Farmář 2007. [cit. 2018-02-22] Dostupné z < <http://profipress.cz/archiv/farmar-042007/#page/13>>
- Fuksa, P., Slivková, P., Štěpánek, P. Regulace plevelů v kukuřici. [online]. 19. ledna 2002. [cit. 2017-12-1]. Dostupné z < <http://www.agris.cz/clanek/116456/regulace-plevelu-v-kukurici>>
- Fuksa, P., Kalista, J. Výběr hybridů kukuřice v roce 2006. [online]. 22. března 2006. [cit. 2017-10-21]. Dostupné z < <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vyber-hybridu-kukurice-v-roce-2006>>
- Fuksa, P. (ed.) Vliv hybridu a výsevu na výnos silážní kukuřice [online]. 18. prosince 2017. [cit. 2017-10-08]. Dostupné z < <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vliv-hybridu-a-vysevku-na-vynos-silazni-kukurice>>
- Ježková, A. Výběr hybridů kukuřice podle FAO. [online]. 4. ledna 2012. [cit. 2017-10-21]. Dostupné z <http://naschov.cz/vyber-hybridu-kukurice-podle-fao/>
- Kulovaná, E. Principy hnojení kukuřice. [online]. 14. listopadu 2001. [cit. 2017-09-16]. Dostupné z < <http://uroda.cz/principy-hnojeni-kukurice/>>
- Křepelka, J. Hnojení dusíkem: specifika a aplikace. [online]. 8. července 2011. [cit. 2017-09-16]. Dostupné z < <http://zemedelec.cz/hnojeni-dusikem-specifika-a-aplikace/>>
- Lošák, T. Vybrané poznatky z výživy a hnojení kukuřice [online]. Úroda. 2006. [cit. 2018-02-14]. Dostupné z < <http://profipress.cz/archiv/uroda-032006/#page/30>>

- Lutt, N., Jeschke, M., Strachan, S. D. Hight night temperature effects on corn yield. [online]. [cit. 2017-11-03]. Dostupné z <<https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/library/night-temperature-effects-corn-yield/>>
- Plštinyk, T. Setí - základ úspěchu pěstování kukuřice [online]. 18. března 2015. [cit. 2017-10-15]. Dostupné z <http://uroda.cz/seti-zaklad-uspechu-pestovani-kukurice/>
- Plštinyk, T. Založení porostu kukuřice. [online]. 18. dubna 2016. [cit. 2018-03-19]. Dostupné z <<http://uroda.cz/zalozeni-porostu-kukurice/>>
- Skládanka, J., Doležal, P., Vyskočil, I. Kukuřičné siláže. [online]. 11. ledna 2012. Dostupné z <https://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picvk/index.php?N=10&I=1>
- Smutný, V. Možnosti regulace plevelů v kukuřici v sušších podmínkách [online]. 29. března 2012. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/moznosti-regulace-plevele-v-kukurici-v-sussich-podminkach>>
- Smutný, V., Šedek, A. Úzkořádková technologie pěstování kukuřice na siláž [online]. 28. června 2017. [cit. 2017-10-08]. Dostupné z <<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/uzkoradkova-technologie-pestovani-kukurice-na-silaz>>
- Svoboda, M. Zakládání porostů kukuřice [online]. Úroda. 2004. [cit. 2018-02-14]. Dostupné z <<http://profipress.cz/archiv/uroda-32004/?text=#page/19>>
- Toth, P., Kmoch, M. Významné choroby kukuřice. [online]. 17. června 2016. [cit. 2017-12-1]. Dostupné z <<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/vyznamne-choroby-kukurice>>
- Třináctý, J., Matoušková, H., Šišperová, E. Výběr vhodných silážních hybridů kukuřice [online]. Úroda. 2012. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z <http://profipress.cz/archiv/uroda-022012/#page/20>
- Venclová, B. Silážování kukuřice při vyšší sušině – ano, nebo ne? [online]. Úroda. 2016. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z <<http://uroda.cz/silazovani-kukurice-pri-vyssi-susine-ano-nebo-ne>>

Vaňatová, P. Sucho nemusí výnos kukuřice ohrozit. [online]. Úroda. 2015. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z <http://uroda.cz/sucho-nemusi-vynos-kukurice-ohrozit/>

Zhang, XL., Wang, Q., Zhao, YL., Yang, QH., Li, Ch. Effect of nitrogen fertilization rate and harvest time on summer maize grain yield and its quality [online]. 2010. [cit. 2017-10-08]. Dostupné z <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21328944>>

